

## **Stage de M2 :**

Is what we know about the structure of pollination networks robust to sampling effects ?

### **Context:**

Ecosystems are composed of many species interacting with each other and with their abiotic environment. These complex interdependencies are crucial for understanding ecosystems' ability to respond to perturbations. Networks are powerful tools to describe such systems of species linked by ecological interactions and study how their architecture relates to ecosystem functioning and response to perturbation [e.g. 1].

In particular, plant-pollinator interactions are key for the reproduction of most wild plants and the production most crops in agroecosystems. In the past decades, many plant-pollinator communities have been sampled allowing to identify the architectural characteristics of these pollination networks. This involves computation of metrics describing the network structures such as the modularity or the nestedness [2] and the coclustering of plants and pollinators by using Latent Block Models [3] which are latent variable model accounting for heterogeneity of connections in a network. At the same time, the development of theoretical approaches highlighted links between these architectural characteristics and their dynamical stability or robustness to species extinction. However, the sampling of such networks is labor-intensive and many datasets only reveal a subset of the existing interactions. Obviously, the sampling process can induce enormous biases in the statistical analyses of the networks which have not being taken into account in most papers concerned with the analysis of plant-pollinator network structure. This raises doubts regarding the current understanding of the structure of pollination networks and their predicted response to perturbation.

### **Goals:**

The aim of this internship is to develop statistical tools to tackle sampling effects in these analyses. This means accounting for different species detectability and abundances in the inference of statistical model (Latent Block Models) and in the computation of the metrics (modularity and nestedness). The observed networks will be then considered as incomplete observations of « true » plant-pollinator networks. Statistical models for these observation processes should be proposed and the inference of latent block models should incorporate this additional layer of uncertainty on the data. Moreover, the computation of the metrics will come with an uncertainty assessment derived from observation processes.

These tools will be used to re-analyze a set of about 100 plant-pollinator networks and to investigate how accounting for the sampling effect provides a new insight in the structure of these networks. More specifically, studies often show that plant-pollinator networks are nested but this structure simply arises from differences in species abundance and sampling effort. This hypothesis could then be tested with this new tool.

Moreover, these methods could be used on data from a citizen science program (Spipoll [4]) aiming at monitoring plant-pollinator interactions in France, with more than 300,000 records across seasons.

### **Skills:**

M2 in Ecology or Applied Statistics. Interest in statistical modeling, in biodiversity and in community ecology. R programming.

**Practical organization:**

- Labs: Institut d'Écologie des Sciences de l'Environnement (IEES), équipe Écologie et Évolution des Réseaux d'interaction (Sorbonne Université, Campus de Jussieu). Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Museum National d'Histoire Naturelle (MNHN). MIA-Paris (UMR AgroParisTech / INRA).

- Supervision: Élisabeth Thébault (IEES), Colin Fontaine (CESCO), Pierre Barbillon (MIA Paris).

- Location: Either IEES (Jussieu) or AgroParisTech.

- Duration: 6 months

- Starting Date: from Early 2020 to April 2020.

- Contacts: [elisa.thebault@upmc.fr](mailto:elisa.thebault@upmc.fr), [colin.fontaine@mnhn.fr](mailto:colin.fontaine@mnhn.fr), [pierre.barbillon@agroparistech.fr](mailto:pierre.barbillon@agroparistech.fr).

- Allowance: 540 euros per month.

---

Ce que nous savons de la structure des réseaux de pollinisation est-il robuste aux effets d'échantillonnage ?

**Le contexte:**

Les écosystèmes sont composés de nombreuses espèces qui interagissent les unes avec les autres et avec leur environnement abiotique. Ces interdépendances complexes sont essentielles pour comprendre la capacité des écosystèmes à réagir aux perturbations [e.g. 1]. Les réseaux sont des outils puissants pour décrire de tels systèmes d'espèces liés par des interactions écologiques et étudier le lien entre leur architecture, le fonctionnement des écosystèmes et leur réponse aux perturbations.

En particulier, les interactions plantes-pollinisateurs sont essentielles pour la reproduction de la plupart des plantes sauvages et la production de la plupart des cultures dans les agro-écosystèmes. Au cours des dernières décennies, de nombreuses communautés plantes-pollinisatrices ont été échantillonnées, permettant d'identifier les caractéristiques architecturales de ces réseaux de pollinisation. Cela implique le calcul de métriques décrivant les structures de réseau telles que la modularité ou l'emboîtement [2], le co-clustering de plantes et de pollinisateurs à l'aide de modèles à blocs latents [3] qui sont des modèles à variables latentes permettant de modéliser l'hétérogénéité des connexions du réseau. Parallèlement, le développement d'approches théoriques a mis en évidence des liens entre ces caractéristiques architecturales et la stabilité de ces systèmes, ou leur résistance aux extinctions d'espèces.

Cependant, l'échantillonnage de ces réseaux dans la nature est un travail fastidieux et de nombreux jeux de données ne révèlent qu'un sous-ensemble des interactions existantes. De toute évidence, le processus d'échantillonnage peut induire d'énormes biais dans les analyses statistiques des réseaux qui n'ont pas été pris en compte dans la plupart des articles traitant de leur structure. Cela soulève des doutes quant à la connaissance actuelle de la structure des réseaux de pollinisation et de leur réponse prédite aux perturbations.

**Buts:**

L'objectif de ce stage est de développer des outils statistiques pour prendre en compte les effets d'échantillonnage dans ces analyses. Cela signifie qu'il faut tenir compte de la détectabilité et de l'abondance des différentes espèces dans l'inférence des modèles statistiques (modèles de blocs latents) et dans le calcul des métriques (modularité et emboîtement).

Les réseaux observés seront considérés comme des observations partielles de « vrais » réseaux plantes-pollinisateurs. Des modèles statistiques pour ces processus d'observation devront être proposés et l'inférence des modèles à blocs latents devra incorporer cette couche supplémentaire d'incertitude sur les données. De plus, le calcul des métriques s'accompagnera d'une analyse d'incertitude relevant des processus d'observation.

Ces outils seront utilisés pour réanalyser une série d'une centaine de réseaux de pollinisation et pour déterminer dans quelle mesure la prise en compte de l'effet de l'échantillonnage permet de mieux comprendre la structure de ces réseaux. Plus spécifiquement, les études montrent souvent que les réseaux plantes-pollinisateurs sont emboîtés, mais que cette structure découle simplement des différences d'abondance des espèces et des efforts d'échantillonnage. Cette hypothèse pourrait ensuite être testée avec ce nouvel outil.

De plus, ces méthodes pourraient être utilisées sur les données d'un programme de science participative (Spipoll [4]) visant à suivre des interactions plantes-pollinisateurs en France, avec plus de 300 000 relevés au fil des saisons.

### **Compétences:**

M2 en écologie ou statistique appliquée. Intérêt pour la modélisation statistique, la biodiversité et l'écologie des communautés. Programmation R.

### **Informations pratiques :**

- Laboratoires : Institut d'Écologie des Sciences de l'Environnement (IEES), équipe Écologie et Évolution des Réseaux d'interaction (Sorbonne Université, Campus de Jussieu). Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Museum National d'Histoire Naturelle (MNHN). MIA-Paris (UMR AgroParisTech / INRA).

- Encadrement : Élisabeth Thébault (IEES), Colin Fontaine (CESCO), Pierre Barbillon (MIA Paris).

- Localisation : IEES (Jussieu) ou AgroParisTech.

- Durée : 6 months

- Date de début: de début 2020 à Avril 2020.

- Contacts : [elisa.thebault@upmc.fr](mailto:elisa.thebault@upmc.fr), [colin.fontaine@mnhn.fr](mailto:colin.fontaine@mnhn.fr), [pierre.barbillon@agroparistech.fr](mailto:pierre.barbillon@agroparistech.fr).

- gratifications de stage : 540 euros par mois.

### **Références :**

[1] Thébault, E., & Fontaine, C. (2010). Stability of ecological communities and the architecture of mutualistic and trophic networks. *Science*, 329(5993), 853-856.

[2] Fortuna, M. A., Stouffer, D. B., Olesen, J. M., Jordano, P., Mouillot, D., Krasnov, B. R., ... & Bascompte, J. (2010). Nestedness versus modularity in ecological networks: two sides of the same coin?. *Journal of Animal Ecology*, 79(4), 811-817.

[3] Govaert, G., & Nadif, M. (2010). Latent block model for contingency table. *Communications in Statistics—Theory and Methods*, 39(3), 416-425.

[4] [www.spipoll.org](http://www.spipoll.org)